

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-184206
(P2002-184206A)

(43) 公開日 平成14年6月28日 (2002. 6. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	フォーマット* (参考)
F 2 1 S 2/00		B 2 3 K 26/06	A 2 H 0 8 8
F 2 1 V 11/00		26/08	K 2 H 0 9 1
14/00		G 0 2 F 1/13	5 0 5 2 H 1 0 9
B 2 3 K 26/06		1/13357	3 K 0 4 2
26/08		G 0 3 B 21/14	A 4 E 0 6 8
審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 13 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-382751(P2000-382751)

(22) 出願日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 宮垣 一也

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72) 発明者 亀山 健可

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(74) 代理人 100079843

弁理士 高野 明近 (外2名)

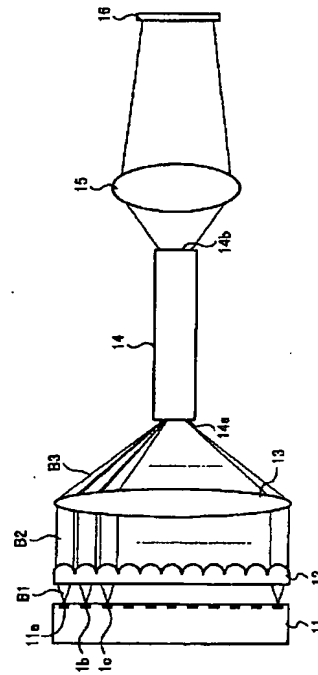
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置、均一照明装置、及びこれらを用いた投射装置、露光装置、レーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】 コンパクトな構成を実現する複数光源から発せられた光を被照射面に対して均一に、また被照射面に対して最小の入射角で照射するための照明光学系及びこれを用いた光学装置を提供する。

【解決手段】 レーザアレイ11は、そのレーザ発光部11a、11b、11c…が直線状に等ピッチで配列され、出射光B1をシリンドリカルレンズアレイ12で、少なくともその一方向について平行光束化させる（光束B2）。例えば図1の例では紙面に平行な方向で平行化させる。そしてコンデンサレンズ13によってその出射光束B3がカライドスコープ14の入射側端面14aに収斂される。カライドスコープ14では光束の面内強度の分布が均一化され、リレーレンズ15によって被照射部16へ照射される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の発光部を有する発光手段と、該発光部のそれぞれから出射する拡散光のそれぞれを、該拡散光の光軸に直交する面における少なくとも同一の一方について平行光とする平行光化手段と、該平行光化手段から出射した複数の光束を所定の集光範囲に集光する集光手段とを有することを特徴とする照明装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の照明装置において、前記平行光化手段は、前記発光手段のそれぞれの発光部に取り付けられたレンズによって構成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の照明装置において、前記発光手段は、レーザ光を発光するレーザ発光部を有して構成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 4】 請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 に記載の照明装置において、前記発光手段は、前記複数の発光部が一方にアレイ配列するように構成され、前記平行光化手段は、前記複数の発光部からの出射光を前記アレイ配列方向に一致する方向について平行光化するように構成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の照明装置において、前記平行光化手段としてシンドリカルレンズアレイを用い、該シンドリカルレンズアレイを構成する各シンドリカルレンズ部のアレイピッチが、前記発光部のアレイピッチと同等であることを特徴とする照明装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の照明装置において、前記シンドリカルレンズアレイを、少なくとも 2 つ以上備えたことを特徴とする照明装置。

【請求項 7】 請求項 4 に記載の照明装置において、前記平行光化手段としてレンチキュラーレンズを用い、該レンチキュラーレンズを構成する各マイクロレンズのアレイピッチが、前記発光部のアレイピッチと同等であることを特徴とする照明装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の照明装置において、前記レンチキュラーレンズを、少なくとも 2 つ以上備えたことを特徴とする照明装置。

【請求項 9】 請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 に記載の照明装置と、該照明装置から出射した照明光を受光し、該受光した光の光軸に直交する面内の光強度分布を均一化させるための強度分布均一化手段とを有し、該強度分布均一化手段からの出射光を制御して照明対象を照明することを特徴とする均一照明装置。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の均一照明装置において、前記強度分布均一化手段として、カライドスコープを用いることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 11】 請求項 9 に記載の均一照明装置において、前記強度分布均一化手段として、ホモジナイザを用いることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 12】 請求項 9 に記載の均一照明装置において、前記強度分布均一化手段として、フライアイレンズ

を用いることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 13】 複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでシンドリカルレンズがアレイ配列してなるシンドリカルレンズアレイと、該シンドリカルレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのカライドスコープと、該カライドスコープからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置であって、前記シンドリカルレンズアレイは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該シンドリカルレンズアレイを出射する出射光が前記シンドリカルレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 14】 複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでマイクロレンズがアレイ配列してなるレンチキュラーレンズと、該レンチキュラーレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのカライドスコープと、該カライドスコープからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置であって、前記レンチキュラーレンズは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該レンチキュラーレンズを出射する出射光が該レンチキュラーレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 15】 複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでシンドリカルレンズがアレイ配列してなるシンドリカルレンズアレイと、該シンドリカルレンズアレイから出射した光束の強度分布を均一化させるためのホモジナイザと、該ホモジナイザからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置であって、前記シンドリカルレンズアレイは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該シンドリカルレンズアレイを出射する出射光が該シンドリカルレンズアレイのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 16】 複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでマイクロレンズがアレイ配列してなるレンチキュラーレンズと、該レンチキュラーレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのホモジナイザと、該ホモジナイザからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置で

あって、前記レンチキュラーレンズは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該レンチキュラーレンズを出射する出射光が該レンチキュラーレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 17】 複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでシリンドリカルレンズがアレイ配列してなるシリンドリカルレンズアレイと、該シリンドリカルレンズアレイから出射した光束の強度分布を均一化させるためのフライアイレンズと、該フライアイレンズからの出射光によって照明対象を照明する照明光学装置であって、前記シリンドリカルレンズアレイは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該シリンドリカルレンズアレイを出射する出射光が該シリンドリカルレンズアレイのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 18】 複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでマイクロレンズがアレイ配列してなるレンチキュラーレンズと、該レンチキュラーレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのフライアイレンズと、該フライアイレンズからの出射光の光路を制御して照明対象を照明する照明光学装置であって、前記レンチキュラーレンズは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該レンチキュラーレンズを出射する出射光が該レンチキュラーレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴とする均一照明装置。

【請求項 19】 請求項 13, 15, 17 のいずれか 1 に記載の均一照明装置において、前記シリンドリカルレンズアレイを、少なくとも 2 つ以上備えたことを特徴とする均一照明装置。

【請求項 20】 請求項 14, 16, 18 のいずれか 1 に記載の均一照明装置において、前記レンチキュラーレンズアレイを、少なくとも 2 つ以上備えたことを特徴とする均一照明装置。

【請求項 21】 請求項 9 ないし 20 のいずれか 1 に記載の均一照明装置と、該均一照明装置によって照明されるライトバルブと、該ライトバルブより出射した光を投射する投射レンズとを少なくとも有して構成されることを特徴とする投射装置。

【請求項 22】 前記発光手段としてレーザアレイを用いた請求項 9 ないし 20 のいずれか 1 に記載の均一照明装置と、レチクルと、投影レンズとを有して構成されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 23】 前記発光手段としてレーザアレイを用いた請求項 9 ないし 20 のいずれか 1 に記載の均一照明

装置と、集光用のレンズとを有して構成されていることを特徴とするレーザ加工機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、照明光学装置、照明光学方式及びこれらを用いた投射装置、露光装置、レーザ加工装置に関し、より具体的には、レーザアレイ光等による複数の発光手段を光源として、この光源光を被照射部に均一照明する光学系に適用可能な装置に関し、投射装置（プロジェクタ）やステッパ（露光装置）などに適用できる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 照射対象の被照射部を均一に照明するための光学系は、例えば、液晶表示素子を用いたライトバルブ方式の投射装置や、半導体の製造等に用いるステッパ等に好適であるばかりでなく、種々の用途への適用が可能であり、高精度、コンパクトでかつ簡易な構成の光学系が求められる。また、例えば上記のライトバルブ方式の投射装置においては、ライトバルブに対する最大入射角度ができるだけ小さくなるように（すなわち、ライトバルブの表面に対してできるだけ垂直に入射するように）、照明光学系が設定されることが望まれる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、コンパクトな構成を実現する複数光源による発光ユニットを用い、これら複数光源から発せられた光を被照射面に対して均一に、また被照射面に対して最小の入射角で照射するための照明装置及びこれを用いた投射装置、露光装置、レーザ加工機を提供することを目的とするものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 の発明は、複数の発光部を有する発光手段と、該発光部のそれぞれから出射する拡散光のそれぞれを、該拡散光の光軸に直交する面における少なくとも同一の方向について平行光とする平行光化手段と、該平行光化手段から出射した複数の光束を所定の集光範囲に集光する集光手段とを有することを特徴としたものである。

【0005】 請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明において、前記平行光化手段は、前記発光手段のそれぞれの発光部に取り付けられたレンズによって構成されることを特徴としたものである。

【0006】 請求項 3 の発明は、請求項 1 または 2 の発明において、前記発光手段は、レーザ光を発光するレーザ発光部を有して構成されることを特徴としたものである。

【0007】 請求項 4 の発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 の発明において、前記発光手段は、前記複数の発光部が一方向にアレイ配列するように構成され、前記平行光化手段は、前記複数の発光部からの出射光を前記

アレイ配列方向に一致する方向について平行光化するように構成されることを特徴としたものである。

【0008】請求項5の発明は、請求項4の発明において、前記平行光化手段としてシリンドリカルレンズアレイを用い、該シリンドリカルレンズアレイを構成する各シリンドリカルレンズ部のアレイピッチが、前記発光部のアレイピッチと同等であることを特徴としたものである。

【0009】請求項6の発明は、請求項5の発明において、前記シリンドリカルレンズアレイを、少なくとも2つ以上備えたことを特徴としたものである。

【0010】請求項7の発明は、請求項4の発明において、前記平行光化手段としてレンチキュラーレンズを用い、該レンチキュラーレンズを構成する各マイクロレンズのアレイピッチが、前記発光部のアレイピッチと同等であることを特徴としたものである。

【0011】請求項8の発明は、請求項7の発明において、前記レンチキュラーレンズを、少なくとも2つ以上備えたことを特徴としたものである。

【0012】請求項9の発明は、請求項1ないし8のいずれか1の照明装置と、該照明装置から出射した照明光を受光し、該受光した光の光軸に直交する面内の光強度分布を均一化させるための強度分布均一化手段とを有し、該強度分布均一化手段からの出射光を制御して照明対象を照明することを特徴としたものである。

【0013】請求項10の発明は、請求項9の発明において、前記強度分布均一化手段として、カライドスコープを用いることを特徴としたものである。

【0014】請求項11の発明は、請求項9の発明において、前記強度分布均一化手段として、ホモジナイザを用いることを特徴としたものである。

【0015】請求項12の発明は、請求項9の発明において、前記強度分布均一化手段として、フライアイレンズを用いることを特徴としたものである。

【0016】請求項13の発明は、複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでシリンドリカルレンズがアレイ配列してなるシリンドリカルレンズアレイと、該シリンドリカルレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのカライドスコープと、該カライドスコープからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置であって、前記シリンドリカルレンズアレイは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該シリンドリカルレンズアレイを出射する出射光が前記シリンドリカルレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴としたものである。

【0017】請求項14の発明は、複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイ

のアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでマイクロレンズがアレイ配列してなるレンチキュラーレンズと、該レンチキュラーレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのカライドスコープと、該カライドスコープからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置であって、前記レンチキュラーレンズは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該レンチキュラーレンズを出射する出射光が該レンチキュラーレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴としたものである。

【0018】請求項15の発明は、複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでシリンドリカルレンズがアレイ配列してなるシリンドリカルレンズアレイと、該シリンドリカルレンズアレイから出射した光束の強度分布を均一化させるためのホモジナイザと、該ホモジナイザからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置であって、前記シリンドリカルレンズアレイは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該シリンドリカルレンズアレイを出射する出射光が該シリンドリカルレンズアレイのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴としたものである。

【0019】請求項16の発明は、複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでマイクロレンズがアレイ配列してなるレンチキュラーレンズと、該レンチキュラーレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのホモジナイザと、該ホモジナイザからの出射光の光路を制御して照明対象を照明するリレーレンズとを有する照明光学装置であって、前記レンチキュラーレンズは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該レンチキュラーレンズを出射する出射光が該レンチキュラーレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴としたものである。

【0020】請求項17の発明は、複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでシリンドリカルレンズがアレイ配列してなるシリンドリカルレンズアレイと、該シリンドリカルレンズアレイから出射した光束の強度分布を均一化させるためのフライアイレンズと、該フライアイレンズからの出射光によって照明対象を照明する照明光学装置であって、前記シリンドリカルレンズアレイは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該シリンドリカルレンズアレイを出射する出射光が該シリンドリカルレンズアレイのアレイ方向に平行光となる

ように構成されていることを特徴としたものである。

【００２１】請求項１８の発明は、複数のレーザ発光部がアレイ配列してなるレーザアレイと、該レーザアレイのアレイ配列方向に、かつ前記レーザ発光部のアレイピッチと同等のアレイピッチでマイクロレンズがアレイ配列してなるレンチキュラーレンズと、該レンチキュラーレンズから出射した光束の強度分布を均一化させるためのフライアイレンズと、該フライアイレンズからの出射光の光路を制御して照明対象を照明する照明光学装置であって、前記レンチキュラーレンズは、前記各レーザ発光部から出射した拡散光に作用し、該レンチキュラーレンズを出射する出射光が該レンチキュラーレンズのアレイ方向に平行光となるように構成されていることを特徴としたものである。

【００２２】請求項１９の発明は、請求項１３，１５，１７のいずれか１の発明において、前記シリンジカルレンズアレイを、少なくとも２つ以上備えたことを特徴としたものである。

【００２３】請求項２０の発明は、請求項１４，１６，１８のいずれか１の発明において、前記レンチキュラーレンズアレイを、少なくとも２つ以上備えたことを特徴としたものである。

【００２４】請求項２１の発明は、請求項９ないし２０のいずれか１の発明と、該均一照明装置によって照明されるライトバルブと、該ライトバルブより出射した光を投射する投射レンズとを少なくとも有して構成されることを特徴としたものである。

【００２５】請求項２２の発明は、前記発光手段としてレーザアレイを用いた請求項９ないし２０のいずれか１に記載の均一照明装置と、レチクルと、投影レンズとを有して構成されていることを特徴とするものである。

【００２６】請求項２３の発明は、前記発光手段としてレーザアレイを用いた請求項９ないし２０のいずれか１に記載の均一照明装置と、集光用のレンズとを有して構成されていることを特徴としたものである。

【００２７】

【発明の実施の形態】まず本発明の必須の構成について図面を参照しながら以下に説明する。なお、実施例の構成については、個々に再度図面を参照して具体的に後述する。本発明の照明装置は、複数の発光部１１ａ，１１ｂ，１１ｃを有する発光手段１１と、上記発光部１１ａ，１１ｂ，１１ｃのそれぞれから出射する拡散光のそれぞれを、該拡散光の光軸に直交する面における少なくとも同一の一方について平行光とする平行光化手段１２と、その平行光化手段１２から出射した複数の光束を所定の集光範囲に集光する集光手段１３（（３１，３２，３３），（４１），（５１））とを有する。また、上記の照明装置において、平行光化手段１２は、図１３に示すように発光手段のそれぞれの発光部１１ａに取り

付けられたレンズ１２ａによって構成してもよい。また上記発光手段１１は、レーザ光を発光するレーザ発光部１１ａ，１１ｂ，１１ｃによって構成できる。

【００２８】また上記発光手段は、複数の発光部１１ａ，１１ｂ，１１ｃが一方にアレイ配列するように構成され、平行光化手段１２は、上記複数の発光部からの出射光を前記アレイ配列方向に一致する方向について平行光化するように構成される。また上記平行光化手段１２としてシリンジカルレンズアレイを用い、そのシリンジカルレンズアレイを構成する各シリンジカルレンズ部のアレイピッチが、前記発光部のアレイピッチを同等する。また、このシリンジカルレンズアレイを、少なくとも２つ以上備えてもよい。

【００２９】また上記平行光化手段１１としてレンチキュラーレンズを用い、該レンチキュラーレンズを構成する各マイクロレンズのアレイピッチを、上記発光部のアレイピッチと同等とする。またこのレンチキュラーレンズを、少なくとも２つ以上備えてもよい。

【００３０】本発明の均一照明装置は、上記のごとくの照明装置と、その照明装置から出射した照明光を受光し、その受光した光の光軸に直交する面内の光強度分布を均一化させるための強度分布均一化手段１４（（４２，４３），（５２，５３））とを有し、その強度分布均一化手段１４からの出射光を制御して照明対象を照明する。

【００３１】（実施例１）図１及び図２は、本発明の第１の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を図１に、側面概略構成を図２にそれぞれ光路とともに示すもので、図１及び図２において、１１はレーザアレイ、１２はシリンジカルレンズアレイ、１３はコンデンサレンズ、１４はカライドスコープ、１５はリレーレンズ、１６は被照射部である。レーザアレイ１１は、そのレーザ発光部１１ａ，１１ｂ，１１ｃ…が直線状に等ピッチで配列されている。各レーザ発光部からの各々の出射光Ｂ１は拡散光として出射する。これらの出射光Ｂ１をシリンジカルレンズアレイ１２で、その一方について平行光束化させる。図１の例ではシリンジカルレンズアレイ１２は、入射した光束を紙面に平行な方向で平行化させた光束Ｂ２として出射させる。この場合の平行光束Ｂ２は厳密に平行でなくても良い。次のコンデンサレンズ１３で隣り合う光束どうしが大きな角度差で交じり合わなければ良い。すなわち、出射光束Ｂ２がある程度重なっていても角度差が小さければ問題とはならない。

【００３２】そしてコンデンサレンズ１３によって、その出射光束Ｂ３がカライドスコープ１４の入射側端面１４ａに収斂される。そしてカライドスコープ１４内を進行する光束は、カライドスコープ１４内で多重反射し、その出射端面１４ｂでは光束の面内強度の分布が均一化される。この均一化された強度分布を有する光束がリレ

ーレンズ15によって被照射部16へ照射される。

【0033】シリンドリカルレンズアレイ12は、いわゆるレンチキュラーレンズに置き換えてもよい。シリンドリカルレンズアレイ12は、レーザアレイ11のアレイピッチと同程度のアレイピッチを有するレンズアレイで、レーザアレイの配列方向に対してレンズパワーをもっていればよい。レンチキュラーレンズを用いる場合も、同様にそのマイクロレンズのアレイピッチをレーザアレイ11のアレイピッチと同等にして同様に作用するように構成する。シリンドリカルレンズアレイ12（もしくはレンチキュラーレンズ）をレーザアレイ11の直後の光路上に置くことにより、例えばシリンドリカルレンズアレイ11を、直線状に配列したレンズアレイ（2次元のパワーをもつ）に置き換えた場合に比べて、図1で紙面厚み方向の設置許容範囲が広がる。すなわち図1の上下方向の微調整のみを行えば良い。

【0034】シリンドリカルレンズアレイ（またはレンチキュラーレンズ）12を使うことによって被照射部16への最大入射角を小さくできることを光線追跡計算結果を用いて説明する。図3は、レンチキュラーレンズを用いた照明光学系の効果を説明するための図で、照明光学系の概略構成を図3（A）に、図3（A）のB部の拡大図を図3（B）に示すものである。

【0035】図3に示す構成において、実際には図1に示すごとく光源11a、11cを含むレーザアレイが配置されるが、特徴的な光路を説明するためにレーザアレイ11の全体はその図示を省略している。すなわち図示されている光源11aはレーザアレイの端部に位置し、光源11nはレーザアレイ11の中心に位置し、その他のレーザアレイを構成する光源は、図示を省略している。レーザの光源11aの直後にはシリンドリカルレンズアレイ（またはレンチキュラーレンズ）12が配置されている。図3（B）において、12aはシリンドリカルレンズアレイ12を構成するひとつのレンズ部（シリンドリカルレンズ）で、光源11a…11nと同様にy方向にアレイ化されている。

【0036】レーザアレイ11の光源アレイピッチとシリンドリカルレンズアレイ12の各レンズのアレイピッチ（またはレンチキュラーレンズのマイクロレンズのアレイピッチ）は同ピッチであり、図3（B）では光源11aに対応するレンチキュラー部（レンチキュラーレンズ）を構成する一つのマイクロレンズ12aのみを示している。レンチキュラーレンズ12では、各レーザアレイからの出射光は、紙面に平行な方向に平行化される。このレンチキュラーレンズ12では、レンズの球面収差のため、出射光は完全にコリメートされないが、ある程度の平行光束化で効果は十分得られる。平行光束化されたビームB2はシリンドリカルレンズ21、22、23を通過してカライドスコープ14の入射側端面14aに到達する。この場合、入射側端面14aへの最大入射角

は12°である。

【0037】シリンドリカルレンズ21は、レーザアレイ光をカライドスコープ14の入射側端面14aに偏向させるはたらきをする。シリンドリカルレンズ22、23は、レーザアレイの厚さ方向（紙面厚さ方向）の発散ビームを入射側端面14aに収斂させるはたらきをする。

【0038】（比較例）図4は、上記図3の構成において、レンチキュラーレンズ12が無い場合の光学系における作用を説明するための図である。図4には、図3の光学系においてレーザアレイの端部に位置する光源11aの直後のシリンドリカルレンズアレイ12を削除した場合の光線を示している。光源11aからの発散光B1はシリンドリカルレンズ21、22、23を通過してカライドスコープ14の入射側端面14aに最大入射角16°で照射される。カライドスコープ14の出射側端面（図示せず）からの出射光は、入射角度が維持されることから、最大角16°で出射される。さらに図4と図3を比較すると、シリンドリカルレンズアレイ12を用いたほうがカライドスコープ14の口径を小さくすることが可能である。同じ反射回数のカライドスコープなら口径が小さいほど全長も短くなる。したがって、シリンドリカルレンズアレイ（もしくはレンチキュラーレンズ）を用いることで照明光学系を小さくすることができる。

【0039】（実施例2）図5及び図6は、本発明の第2の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を図5に、側面概略構成を図6にそれぞれ光路とともに示すもので、照明光学系は、レンズアレイ11、シリンドリカルレンズアレイ12、カライドスコープ14、リレーレンズ15、シリンドリカルレンズ31、32、33で構成され、16は被照射部である。なお、実施例1と同様に、シリンドリカルレンズアレイ12をレンチキュラーレンズに置き換えてもよい。このとき、レンチキュラーレンズのマイクロレンズのアレイ方向やアレイピッチはシリンドリカルレンズのアレイ構成と同様とし、両者は同様に作用するように構成されるものとする。本実施例では、シリンドリカルレンズアレイ12を用いた実施例として説明する。

【0040】シリンドリカルレンズアレイ12は、レーザアレイ11のアレイピッチと同程度のピッチでシリンドリカル面が形成されていて、図5に示すように、レーザアレイ11のアレイ方向にレンズパワーを有する。シリンドリカルレンズアレイ12によって、発散して放射される各々のレーザアレイ光B1が各々アレイ方向にのみ平行光束化される。この場合に得られる平行光束B2は、厳密に平行でなくても良い。すなわち、次のシリンドリカルレンズ31で隣り合う入射光束どうしが大きな角度差で交じり合わなければ良く、ある程度重なっていても角度差が小さければ問題ではない。

【0041】シリンドリカルレンズアレイ12とカライドスコープ14との間の光路上には、シリンドリカルレンズが少なくとも2つ以上配置される。図5、図6ではシリンドリカルレンズが3枚で構成された例（シリンドリカルレンズ31、32、33）を示す。この場合、レーザアレイ11のアレイ方向にパワーを有する1枚のシリンドリカルレンズ32と、レーザアレイのアレイ方向の直交方向にレンズパワーを有する2枚のシリンドリカルレンズ31、33が配される。

【0042】これらシリンドリカルレンズ31、32、33の作用について説明する。まず図5に示すように、レーザアレイ11のアレイ方向の光束については、シリンドリカルレンズ31、33が平行平板と同じであるとみなせるため、アレイ方向のみ平行光束化されたビームB2はシリンドリカルレンズ31をそのまま透過して光束B21としてシリンドリカルレンズ32に入射する。そしてその入射光束B21は、シリンドリカルレンズ32で偏向され（光束B22）、シリンドリカルレンズ33を通過して（光束B23）カライドスコープ14の入射側端面14aに到達する。

【0043】次に図6に示すように、レーザアレイ11におけるアレイ方向と直交方向のビームについては、シリンドリカルレンズアレイ12は平行平板とみなせるため、各レーザ発光部から発散された光束B1は、シリンドリカルレンズアレイ12を透過した後も発散して光束B2となり、シリンドリカルレンズ31で平行化され（光束B21）、シリンドリカルレンズ32を通過して（光束B22）、シリンドリカルレンズ33でカライドスコープ14に収斂する（光束B23）。光束B21、B22は、図6の上下方向（すなわちレーザアレイのアレイ方向と直交方向）に平行光束である必要はない。したがって、シリンドリカルレンズ31、33を一枚のシリンドリカルレンズに置き換えて、その一枚のレンズでカライドスコープに収斂しても本発明の効果に影響を与えない。

【0044】（実施例3）図7及び図8は、本発明の第3の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を図7に、側面概略構成を図8にそれぞれ光路とともに示すもので、照明光学系は、レーザアレイ11、シリンドリカルレンズアレイ（もしくはレンチキュラーレンズ）12、シリンドリカルレンズ41、ホモジナイザ42、43、シリンドリカルレンズ44、45で構成される。図16は、上記のホモジナイザを用いた特開平9-234579号公報に記載されたレーザ照射装置の構成を示す上面図（図16（A））及び側面図（図16（B））で、これは線状のレーザ光を均一性を高めて線状のビームとして被照射部に照射する装置である。本実施例は、この光学系のなかで使われるホモジナイザ40a、40bを利用して、レーザアレイ光を矩形状の被照射部に均一照明させる。

【0045】シリンドリカルレンズアレイ12（またはこれに置き換え可能なレンチキュラーレンズ）の作用は上述のとおりなのでその説明を省略する。シリンドリカルレンズ41は図8の上下方向、すなわちレーザアレイ11のアレイ方向と直交方向の発散ビーム成分を平行光束化させる（光束B31）。ホモジナイザ42は、レーザアレイ11のアレイ方向の光束を均一化させる。本実施例のホモジナイザ42は5分割の構成を有しているが、分割数が多いほど光束が均一化される。ただし、図7においてホモジナイザ42の各レンズアレイへの入射光が同じ強度分布となる場合にはホモジナイザの効果が得られない。例えば、レンチキュラーレンズ12とホモジナイザ42のアレイピッチが整数倍の関係となるときには、このような現象が生じる。ホモジナイザ42からの光（光束B32、B33）はシリンドリカルレンズ44によって被照射部16に集められる（光束B34）。

【0046】一方、レーザアレイ11のアレイ方向と直交方向の光束においては、図8に示すように、ホモジナイザ43によって光束の強度分布が均一化される。すなわち、シリンドリカルレンズ41に入射した拡散光成分が平行光束化され（光束B31）、ホモジナイザ43で光束が分割され、その分割されたそれぞれの光束を集光させ、焦点を結んだあとさらに発散光となり（光束B33）、シリンドリカルレンズ45によって被照射部16上に重ね合わされる（光束B34）。レーザアレイ11のアレイ方向と直交方向の光束制御を行うホモジナイザ43は、その分割数が多いほど均一化の効果が高い。

【0047】レーザアレイ11の直後にシリンドリカルレンズアレイ（レンチキュラーレンズ）12を配置することによって、アレイ方向の各アレイ光を平行光束化でき、ホモジナイザの効果をを得ることができる。また、シリンドリカルレンズアレイ（もしくはレンチキュラーレンズ）であるため、レーザアレイのアイ方向と直交方向については設置精度を要求されないというメリットがある。

【0048】（実施例4）図9及び図10は、本発明の第4の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を図9に、側面概略構成を図10にそれぞれ光路とともに示すもので、照明光学系は、レーザアレイ11、シリンドリカルレンズアレイ（またはレンチキュラーレンズ）12、シリンドリカルレンズ51、フライアイレンズ52、53、コンデンサレンズ54で構成される。図示した本実施例では、2枚のフライアイレンズ52、53を用いているが、2枚目のフライアイレンズ53は必ずしも必要ではなく省略することができる。また、コンデンサレンズ54は、2枚のシリンドリカルレンズを各々のレンズパワー方向を直交させたものに置き換えても良い。なお、本実施例においても、上述の各実施例と同様に、シリンドリカルレンズアレイを同様の機能を有するレンチキュラーレンズに置き換えることがで

きる。

【0049】まず、図9を参照してアレイ方向の光成分に関する作用を説明する。シリンドリカルレンズアレイ12は、レーザアレイ11のアレイピッチと同程度のアレイピッチを有する。作用は前述のとおりである。シリンドリカルレンズアレイ12でレーザアレイのアレイ方向のビームがほぼ平行な光束B2となり、シリンドリカルレンズ51を通過し（光束B41）、第1フライアイレンズ52で各々のアレイ光源からの出射光束が集光される（光束B42）。第1フライアイレンズ52の焦点位置には第2フライアイレンズ53が配置される。シリンドリカルレンズアレイ12を通過した光線の図9の紙面内における進行方向が、第1フライアイレンズ52の軸に平行であれば第2フライアイレンズ53は必要ではない。またレーザアレイ11からの出射光束B1が点光源からの出射光束とみなせない場合や、シリンドリカルレンズアレイ12の収差や、シリンドリカルレンズ12におけるレーザアレイ11とのピッチずれなどによって光束B41が第1フライアイレンズ52に対してわずかに傾く。このような場合、第1フライアイレンズ52を構成する各レンズ部から集光された光線は1点に集まらないため、第2フライアイレンズ53を必要とする。そして第2フライアイレンズ53からの出射光束は、コンデンサレンズ54によって被照射部16に重ね合わされる（光束B43）。

【0050】次に、図10を用いてレーザアレイのアレイ方向の直交方向の光束成分に関する作用を説明する。レーザアレイ11からの出射光束B1はシリンドリカルレンズアレイ12を通過して光束B2となり、シリンドリカルレンズ51で平行光束B41にされる。上述のように第1フライアイレンズ52の焦点距離位置に第2フライアイレンズ53が配されており、第1フライアイレンズ52の各レンズ部からの出射光束（光束B42）が第2フライアイレンズ53の各レンズ部を通過して、コンデンサレンズ54によって被照射部16に重ね合わされて照度均一化される（光束B43）。

【0051】レーザアレイ11の発光部の厚さ（アレイ方向と直交方向の厚さ）が大きい場合、光束B41は第1フライアイレンズ52の光軸に対して必ずしも平行とはならず、各アレイから集光される光線は1点に集まらない。このため、第2フライアイレンズ53を用いることになる。もしレーザアレイの発光部の上記厚さが十分小さいとみなせる場合には、第1フライアイレンズ52の各レンズ部からの出射光束（光束B42）はほぼ1点に集光されるため、第2フライアイレンズ53を必要としない。シリンドリカルレンズアレイ12を用いることで、レーザアレイ11の上記厚さ方向の設置許容が広くなるというメリットがある。

【0052】（実施例5）図11は本発明による投射装置の一実施例の概略構成を光路とともに示す図で、投射

装置は、上記実施例1から実施例4までのいずれかの照明光学系と、ライトバルブ、及び投射レンズとを備える。図11に示す構成例の投射装置は、照明光学系61r、61g、61bと色合成素子62とライトバルブ65と投射レンズ64とにより構成される。図11に示す構成では照明光学系61r、61g、61bとして実施例3の光学系を用いているが、上述のように照明光学系として実施例1から実施例4までのいずれの光学系を用いても良い。

【0053】色合成素子62としては、例えばダイクロイックプリズムを用いることができる。照明光学系61r、61g、61bが、順に、赤色、緑色、青色のレーザアレイ光源である場合には、色合成素子（ダイクロイックプリズム）62はダイクロイック膜62rで赤色を反射させ、ダイクロイック膜62bで青色を反射させ、かつ、両方のダイクロイック膜62r、62bは緑色を透過させるように構成される。ライトバルブ65としては例えば液晶素子を用いることができる。図11の構成ではライトバルブの直前にフィールドレンズ63を用いている。ライトバルブ65を透過した光が投射レンズ64の瞳を通過できるはたらきをする。

【0054】以上の構成によって、ライトバルブ65を照明する光の最大入射角は前述のとおり従来に比して低減されるため、特に液晶素子のように入射角によってコントラスト比が変化するようなライトバルブの場合、コントラスト比を向上させたり、色ムラや照度ムラを低減させることができる。

【0055】図11では単板のライトバルブを用いた構成例を示したが、図12に示すように照明光学系61r、61g、61bに対応した計3枚のライトバルブ65r、65g、65bを用いて構成しても良い。各ライトバルブ65r、65g、65bの直前に置かれているのはフィールドレンズ63r、63g、63bである。図12の構成は、図11の構成に比べて投射レンズ64とライトバルブ65r、65g、65bとの間の光路長が長くなるため、投射レンズ64のバックフォーカス長は図11の投射レンズ64のバックフォーカスより長くする必要がある。3板のライトバルブの投射装置においても、単板の場合と同様に、コントラスト比を向上させたり、色ムラや照度ムラを低減させることができる。

【0056】図14は、本発明による露光装置の構成について説明するための図で、図中、71は請求項9ないし請求項20のいずれかに対応する均一照明装置、72はレチクル、73は投影レンズ、74は基板ステージである。本発明の露光装置は、請求項9から請求項20までのいずれかに記載の均一照明光学装置71でレチクル72を照明し、投影レンズ73によってレチクル72のパターンが基板ステージ74に置かれたウエハーに露光されるものである。

【0057】図15は、本発明によるレーザ加工機の構

成について説明するための図で、図中、75はレンズ、76はワークである。本発明のレーザ加工機は、請求項9ないし請求項20のいずれかに記載の均一照明光学装置からの照明光をレンズ75でワーク76に集光し、加工する。ワーク76上の集光スポット形状は照明系71の被照射部のアスペクト比と同じである。集光させることでワークの微小部分にエネルギーを集中させることができ、表面加工や切断などができる。また、レンズ75を投影レンズに置き換えるか、もしくは被照射部が直接ワーク76である配置では広い範囲にわたって均一照明できるため、レーザアニールとしても利用できる。

【0058】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の照明装置によれば、複数光源を用いることによってコンパクトな光学系を実現し、この光源からの拡散光を平行光化して集光することにより、照明対象部への最大入射角を小さく押さえることが可能になり、これにより種々の用途に適用した際にも良好な特性の光学システムを得ることができる。

【0059】また、本発明の均一照明装置によれば、上記の照明装置と、光の強度分布を均一化する手段を備えることにより、簡易でかつコンパクトな均一照明可能な照明装置を得ることができる。

【0060】また、上記のごとく均一照明可能な照明装置を用いることにより、高品質でかつコンパクトな投射装置、露光装置、及びレーザ加工装置等を得ることができる。例えば、投射装置においては、そのライトバルブへの最大入射角が低減されるため、コントラスト比、色ムラ、照度ムラなどに関する特性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を示す図である。

【図2】 本発明の第1の実施例を説明するための図で、照明光学系の側面概略構成を示す図である。

【図3】 レンチキュラーレンズを用いた照明光学系の効果を説明するための図である。

【図4】 図3の構成において、レンチキュラーレンズが無い場合の光学系における作用を説明するための図である。

【図5】 本発明の第2の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を示す図である。

【図6】 本発明の第2の実施例を説明するための図で、照明光学系の側面概略構成を示す図である。

【図7】 本発明の第3の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を示す図である。

【図8】 本発明の第3の実施例を説明するための図で、照明光学系の側面概略構成を示す図である。

【図9】 本発明の第4の実施例を説明するための図で、照明光学系の上面概略構成を示す図である。

【図10】 本発明の第4の実施例を説明するための図で、照明光学系の側面概略構成を示す図である。

【図11】 本発明による投射装置の一実施例の概略構成を光路とともに示す図である。

【図12】 本発明の照明装置の更に他の実施例における光源及び並行光化手段の概略構成を光路とともに示す図である。

【図13】 本発明の発光手段と平行光化手段の構成例を示す図である。

【図14】 ホモジナイザの従来例を示す図である。

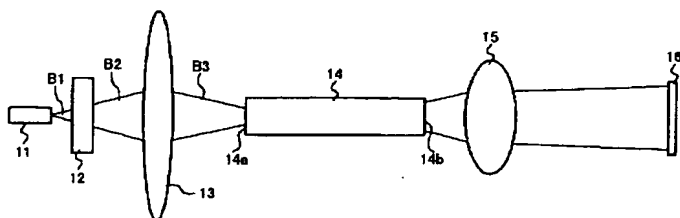
【図15】 本発明によるレーザ加工機の構成について説明するための図である。

【図16】 本発明による投射装置の他の実施例の概略構成を光路とともに示す図である。

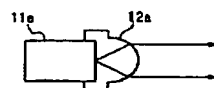
【符号の説明】

11…レーザアレイ、12…シリンダリカルレンズアレイ、13…コンデンサレンズ、14…カライドスコープ、15…リレーレンズ、16…被照射部、31、32、33、41、44、45、51…シリンダリカルレンズ、40a、40b…ホモジナイザ、42、43…ホモジナイザ、52、53…フライアイレンズ、54…コンデンサレンズ、61r、61g、61b…照明光学系、62…色合成素子、62r、62b…ダイクロイック膜、63、63r、63g、63b…フィールドレンズ、64…投射レンズ、65、65r、65g、65b…ライトバルブ、71…均一照明装置、72…レンチクル、73…投影レンズ、74…基板ステージ、75…レンズ、76…ワーク。

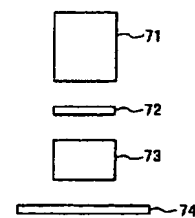
【図2】



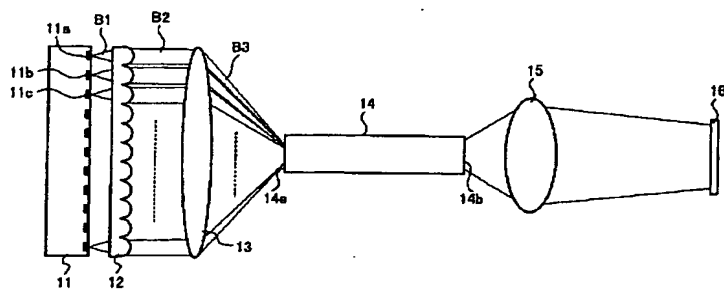
【図13】



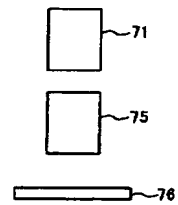
【図14】



【図 1】

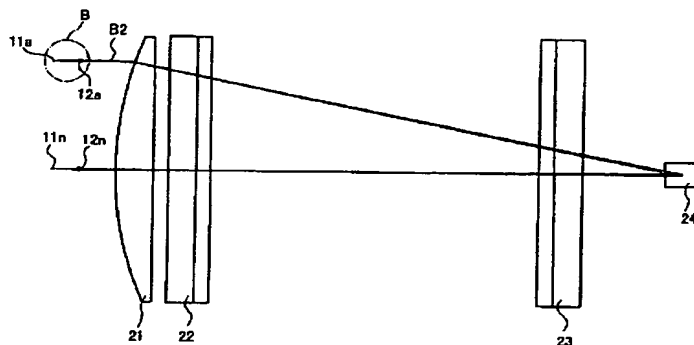


【図 15】

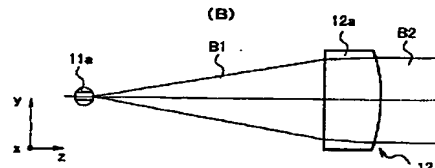


【図 3】

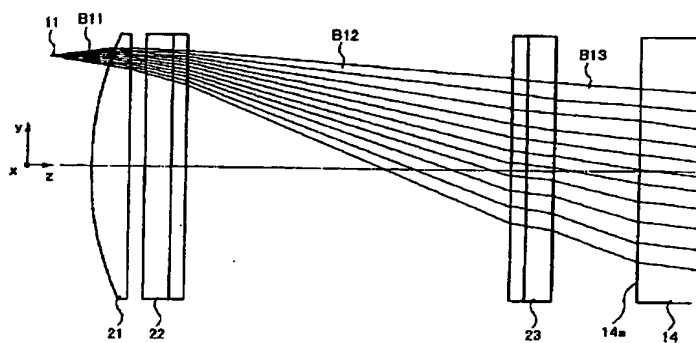
(A)



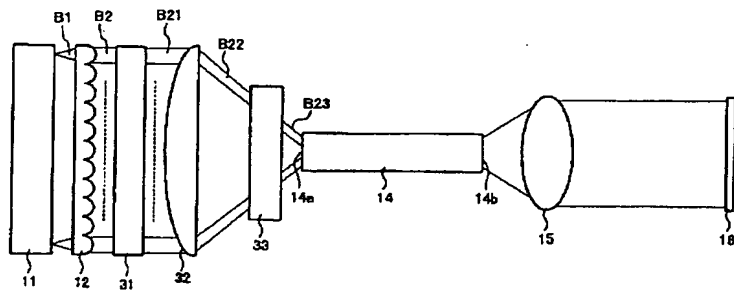
(B)



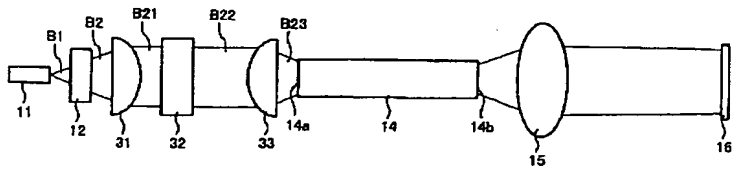
【図 4】



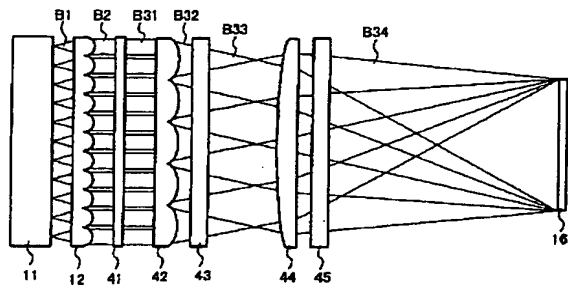
【図 5】



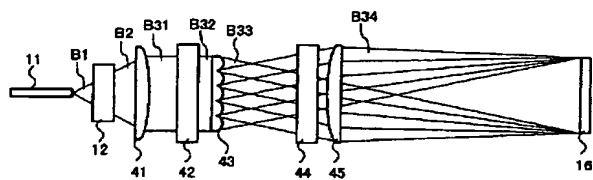
【図 6】



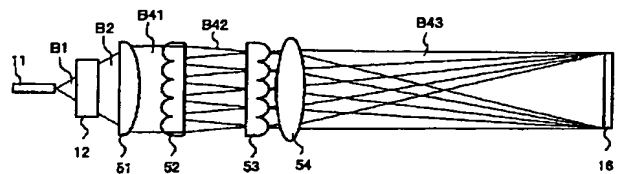
【図 7】



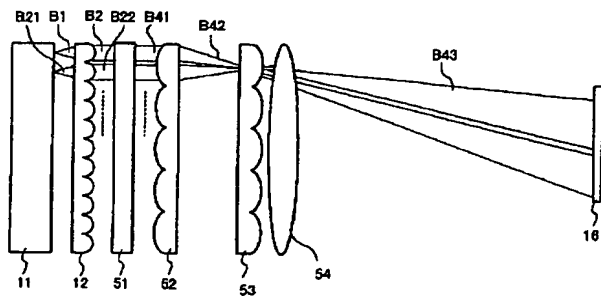
【図 8】



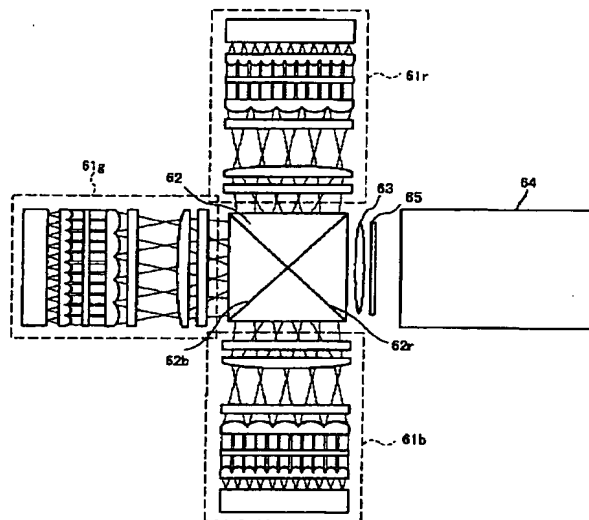
【図 10】



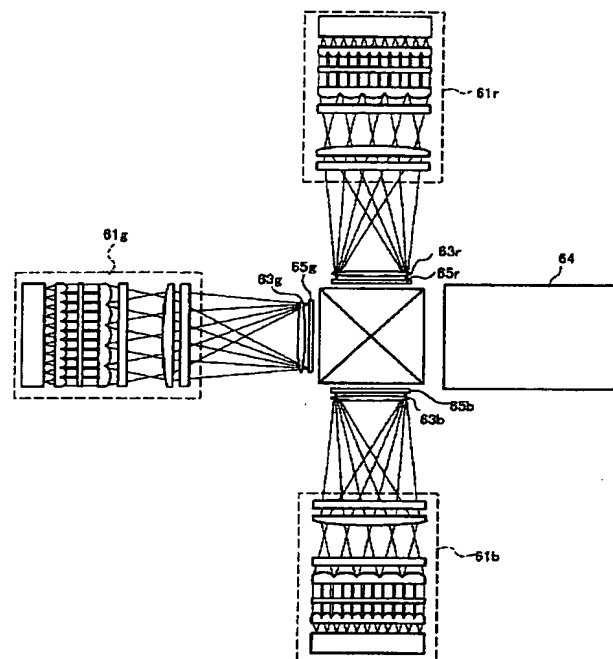
【図 9】



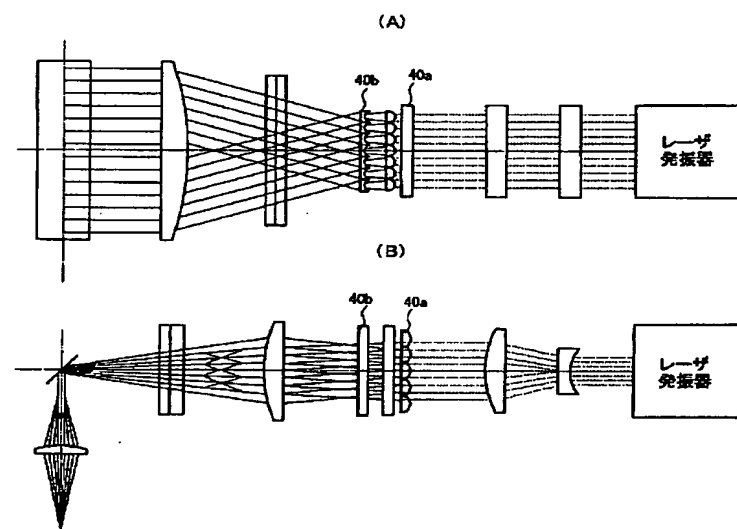
【図 11】



【図 12】



【図 16】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

G 0 2 B 27/00

G 0 2 F 1/13

1/13357

識別記号

5 0 5

F I

G 0 3 B 27/54

G 0 3 F 7/20

G 0 9 F 9/00

テーマコード (参考)

Z 5 C 0 5 8

5 2 1 5 F 0 7 3

3 3 7 Z 5 G 4 3 5

G 0 3 B 21/14
27/54

G 0 3 F 7/20 5 2 1

G 0 9 F 9/00 3 3 7

H 0 1 S 5/40

H 0 4 N 5/74

H 0 1 S 5/40

H 0 4 N 5/74

F 2 1 M 1/00

G 0 2 B 27/00

Z

S

V

(72)発明者 逢坂 敬信
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 加藤 幾雄
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 滝口 康之
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

Fターム(参考) 2H088 EA14 EA15 HA13 HA24 HA25
HA26 HA28 MA02 MA04
2H091 FA26Z FA28Z FA29Z FA41Z
FA46Z FA50Z FD06 LA17
LA18 MA07
2H109 AA13 AA29 AA96 DA12
3K042 AA01 BA09 BC08 BC09 BE02
4E068 CD01 CD12 CE08
5C058 AB06 EA05 EA12 EA51
5F073 AB04 AB27 BA09 EA18 FA06
5G435 AA01 AA18 BB12 BB15 BB17
CC12 DD05 EE26 FF06 FF07
FF08 FF11 GG02 GG06 GG24
GG27 GG28 LL15

English Translation of JP2002-184206

(19) Japanese Patent Office (JP)

(11) Publication Number: 2002-184206 (P2002-184206A)

(43) Date of Publication of Application: June 28, 2002

5 (12) Patent Laid-open Official Gazette (A)

(51) Int.Cl.⁷: F21S 2/00; F21V 11/00; F21V 14/00; B23K 26/06; B23K 26/08; B23K 26/06;
B23K 26/08; G02F 1/13; G02F 1/13357; G03B 21/14; G03B 21/14; G03B 27/54; G03F 7/20;
G09F 9/00; H01S 5/40; H04N 5/74; H01S 5/40; H04N 5/74; F21M 1/00; G02B 27/00

The Number of Claims: 23 OL (13 pages in total)

10 Request of Examination: not made

(21) Application Number: 2000-382751 (P2000-382751)

(22) Date of Filing: December 15, 2000

(71) Applicant: 000006747

Ricoh Co., Ltd.

15 1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo, Japan

(72) Inventor: Kazuya MIYAGAKI

c/o Ricoh Co., Ltd.

1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo, Japan

(72) Inventor: Kenji KAMEYAMA

20 c/o Ricoh Co., Ltd.

1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo, Japan

(72) Inventor: Keishin AISAKA

c/o Ricoh Co., Ltd.

1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo, Japan

25 (72) Inventor: Ikuo KATO

c/o Ricoh Co., Ltd.

1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo, Japan

(72) Inventor: Yasuyuki TAKIGUCHI

c/o Ricoh Co., Ltd.

30 1-3-6 Nakamagome, Ota-ku, Tokyo, Japan

English translation of JP2002-184206

(74) Representatives: Patent attorney: 100079843

Akichika Kono (and two others)

(54) [Title of the Invention] LIGHTING DEVICE, UNIFORM LIGHTING DEVICE, AND PROJECTION DEVICE, LIGHT-EXPOSURE DEVICE AND LASER PROCESSING DEVICE USING THESE

(57) [Abstract]

5 [Object] To provide a lighting optical system with a compact structure, which uniformly irradiates an irradiation surface with beams emitted from multiple light sources, at a minimum incident angle with respect to the irradiation surface, and an optical device using this.

[Solution] In a laser array 11, laser light-emitting portions 11a, 11b, 11c... are linearly arranged at an equal pitch, and an outgoing beam B1 is made into a parallel beam flux (beam flux B2) with a
10 cylindrical lens array 12 in at least one direction thereof. For example, in the example of FIG. 1, the outgoing beam B1 is made parallel in a direction parallel to the paper surface. Then, an outgoing beam flux B3 is converged into an incident-side edge surface 14a of a kaleidoscope 14 by a condenser lens 13. In the kaleidoscope 14, the in-plane intensity distribution of the beam flux is made uniform, and a relay lens 15 irradiates an irradiation portion 16 with the beam flux.

15 [Scope of Claims]

[Claim 1] A lighting device characterized by comprising: a light-emitting means having multiple light-emitting portions; a beam-parallelizing means for making a diffusive beam emitted from each light-emitting portion be parallel in at least one same direction of a surface that crosses the optical axis of the diffusive beam at right angles; and a condenser means for condensing multiple
20 beam fluxes emitted from the beam-parallelizing means into a predetermined range of condensing.

[Claim 2] The lighting device according to claim 1, characterized in that the beam-parallelizing means is constructed of a lens that is fixed onto each light-emitting portion of the light-emitting means.

25 [Claim 3] The lighting device according to claim 1 or 2, characterized in that the light-emitting means is constructed of a laser light-emitting portion that emits laser beams.

[Claim 4] The lighting device according to any one of claims 1 to 3, characterized in that the light-emitting means is constructed in such a manner that the multiple light-emitting portions are arranged in an array in one direction; and the beam-parallelizing means is constructed in such a
30 manner that beams emitted from the multiple light-emitting portions are made parallel in a

direction corresponding to the array arrangement direction.

[Claim 5] The lighting device according to claim 4, characterized in that a cylindrical lens array is used as the beam-parallelizing means; and each cylindrical lens portion that constitutes the cylindrical lens array has about an equal array pitch to the light-emitting portions.

5 [Claim 6] The lighting device according to claim 5, characterized in that at least two cylindrical lens arrays are provided.

[Claim 7] The lighting device according to claim 4, characterized in that a lenticular lens is used as the beam-parallelizing means; and each microlens that constitutes the lenticular lens has about an equal array pitch to the light-emitting portions.

10 [Claim 8] The lighting device according to claim 7, characterized in that at least two lenticular lenses are provided.

[Claim 9] A uniform lighting device, characterized by comprising the lighting device according to any one of claims 1 to 8; and an intensity distribution uniformizing means for receiving an irradiated beam emitted from the lighting device and uniformizing the beam intensity
15 distribution on a surface that crosses the optical axis of the received beam at right angles, wherein the beam emitted from the intensity distribution uniformizing means is controlled to irradiate the irradiation object.

[Claim 10] The uniform lighting device according to claim 9, characterized by using a kaleidoscope as the intensity distribution uniformizing means.

20 [Claim 11] The uniform lighting device according to claim 9, characterized by using a homogenizer as the intensity distribution uniformizing means.

[Claim 12] The uniform lighting device according to claim 9, characterized by using a fly-eye lens as the intensity distribution uniformizing means.

[Claim 13] A lighting optical device comprising: a laser array where multiple laser light-emitting
25 portions are arranged in an array; a cylindrical lens array where cylindrical lenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; a kaleidoscope for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the cylindrical lens; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling the optical path of a beam emitted from the kaleidoscope, wherein the uniform
30 lighting device is characterized in that: the cylindrical lens array operates on a diffusive beam

emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the cylindrical lens array is made parallel in the array direction of the cylindrical lens.

[Claim 14] A lighting optical device comprising: a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a lenticular lens where microlenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; a kaleidoscope for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the lenticular lens; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling the optical path of a beam emitted from the kaleidoscope, wherein the uniform lighting device is characterized in that: the lenticular lens operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the lenticular lens is made parallel in the array direction of the lenticular lens.

[Claim 15] A lighting optical device comprising: a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a cylindrical lens array where cylindrical lenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; a homogenizer for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the cylindrical lens array; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling the optical path of a beam emitted from the homogenizer, wherein the uniform lighting device is characterized in that: the cylindrical lens array operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the cylindrical lens array is made parallel in the array direction of the cylindrical lens array.

[Claim 16] A lighting optical device comprising: a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a lenticular lens where microlenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; a homogenizer for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the lenticular lens; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling the optical path of a beam emitted from the homogenizer, wherein the uniform lighting device is characterized in that the lenticular lens operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing

beam emitted from the lenticular lens is made parallel in the array direction of the lenticular lens.

[Claim 17] A lighting optical device comprising: a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a cylindrical lens array where cylindrical lenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; and a fly-eye lens for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the cylindrical lens array, with an outgoing beam of which, the irradiation object is irradiated, wherein the uniform lighting device is characterized in that the cylindrical lens array operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the cylindrical lens array is made parallel in the array direction of the cylindrical array lens.

[Claim 18] A lighting optical device comprising: a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a lenticular lens where microlenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; and a fly-eye lens for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the lenticular lens, of which outgoing beam is controlled in optical path to irradiate the irradiation object, wherein the uniform lighting device is characterized in that the lenticular lens operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the lenticular lens is made parallel in the array direction of the lenticular lens.

[Claim 19] The uniform lighting device according to any one of claims 13, 15 and 17, characterized by comprising at least two cylindrical lens arrays.

[Claim 20] The uniform lighting device according to any one of claims 14, 16 and 18, characterized by comprising at least two lenticular lens arrays.

[Claim 21] A projection device characterized by comprising: at least the uniform lighting device according to any one of claims 9 to 20; a light bulb lighted by the uniform lighting device; and a projection lens for projecting the light emitted from the light bulb.

[Claim 22] A light-exposure device characterized by comprising: the uniform lighting device according to any one of claims 9 to 20 that uses a laser array as the light-emitting means; a reticle; and a projection lens.

[Claim 23] A laser processing device characterized by comprising: the uniform lighting device

according to any one of claims 9 to 20 that uses a laser array as the light-emitting means; and a condenser lens.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

5 [Industrial Field of the Invention] The present invention relates to a lighting optical device, a lighting optical system, and a projection device, a light-exposure device and a laser processing device using these. More particularly, the invention relates to a device capable of using multiple light-emitting sources of a laser array or the like as light sources and applying the light of the light sources to an optical system that uniformly irradiates an irradiation portion, the
10 technique of which can be applied to a projection device (projector), a stepper (light-exposure device) and the like.

[0002]

[Prior Art] An optical system for uniformly irradiating an irradiation portion as an irradiation object is required to be suitable for, for example, a light-bulb type projection device using a
15 liquid crystal display element, a stepper or the like used for manufacturing a semiconductor or the like, as well as being used for various applications. Thus, a high-precision optical system with a compact and simple structure is required. In the aforementioned light-bulb type projection device, for example, it is desired to set a lighting optical system in such a manner that a maximum incident angle with respect to the light bulb can be as small as possible (that is, an
20 incident angle with respect to the surface of a light bulb can be as vertical as possible).

[0003]

[Problems to be Solved by the Invention] The invention is made in view of the foregoing circumstances, and it is an object of the invention to provide a lighting device that realizes a compact structure by using a light-emitting unit composed of multiple light sources in order to
25 uniformly irradiate an irradiation surface with beams emitted from the multiple light sources, at a minimum incident angle with respect to the irradiation surface, and a projection device, a light-exposure device and a laser processing device using this.

[0004]

[Means for Solving the Problem] The invention according to claim 1 is characterized by having a
30 light-emitting means having multiple light-emitting portions; a beam-parallelizing means for

making a diffusive beam emitted from each light-emitting portion be parallel in at least one same direction of a surface that crosses the optical axis of the diffusive beam at right angles; and a condenser means for condensing multiple beam fluxes emitted from the beam-parallelizing means into a predetermined range of condensing.

5 [0005] The invention according to claim 2 is characterized in that, in the invention according to claim 1, the beam-parallelizing means is constructed of a lens that is fixed onto each light-emitting portion of the light-emitting means.

[0006] The invention according to claim 3 is characterized in that, in the invention according to claim 1 or 2, the light-emitting means has a laser light-emitting portion that emits laser beams.

10 [0007] The invention according to claim 4 is characterized in that, in the invention according to any one of claims 1 to 3, the light-emitting means is constructed in such a manner that the multiple light-emitting portions are arranged in an array in one direction; and the beam-parallelizing means is constructed in such a manner that beams emitted from the multiple light-emitting portions are made parallel in a direction corresponding to the array arrangement
15 direction.

[0008] The invention according to claim 5 is characterized in that, in the invention according to claim 4, a cylindrical lens array is used as the beam-parallelizing means; and each cylindrical lens portion that constitutes the cylindrical lens array has an equal array pitch to the light-emitting portions.

20 [0009] The invention according to claim 6 is characterized in that, in the invention according to claim 5, at least two cylindrical lens arrays are provided.

[0010] The invention according to claim 7 is characterized in that, in the invention according to claim 4, a lenticular lens is used as the beam-parallelizing means; and each microlens that constitutes the lenticular lens has about an equal array pitch to the light-emitting portions.

25 [0011] The invention according to claim 8 is characterized in that, in the invention according to claim 7, at least two lenticular lenses are provided.

[0012] The invention according to claim 9 is characterized by having the lighting device according to any one of claims 1 to 8, and an intensity distribution uniformizing means for receiving an irradiated beam emitted from the lighting device and uniformizing the beam
30 intensity distribution on a surface that crosses the optical axis of the received beam at right

angles, where the light emitted from the intensity distribution uniformizing means is controlled to irradiate the irradiation object.

[0013] The invention according to claim 10 is characterized by using a kaleidoscope as the intensity distribution uniformizing means in the invention according to claim 9.

5 [0014] The invention according to claim 11 is characterized by using a homogenizer as the intensity distribution uniformizing means in the invention according to claim 9.

[0015] The invention according to claim 12 is characterized by using a fly-eye lens as the intensity distribution uniformizing means in the invention according to claim 9.

[0016] The invention according to claim 13 is a lighting optical device having a laser array
10 where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a cylindrical lens array where cylindrical lenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; a kaleidoscope for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the cylindrical lens; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling an optical path of a beam emitted
15 from the kaleidoscope, characterized in that the cylindrical lens array operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing light emitted from the cylindrical lens array is made parallel in the array direction of the cylindrical lens.

[0017] The invention according to claim 14 is a lighting optical device having a laser array
20 where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a lenticular lens where microlenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; a kaleidoscope for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the lenticular lens; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling the optical path of a beam emitted from the
25 kaleidoscope, characterized in that the lenticular lens operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the lenticular lens is made parallel in the array direction of the lenticular lens.

[0018] The invention according to claim 15 is a lighting optical device having a laser array
30 where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a cylindrical lens array where cylindrical lenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser

array at about an equal pitch to the laser light-emitting portions; a homogenizer for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the cylindrical lens array; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling the optical path of a beam emitted from the homogenizer, characterized in that the cylindrical lens array operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the cylindrical lens array is made parallel in the array direction of the cylindrical lens array.

[0019] The invention according to claim 16 is a lighting optical device having a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a lenticular lens where microlenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; a homogenizer for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the lenticular lens; and a relay lens for irradiating the irradiation object by controlling the optical path of a beam emitted from the homogenizer, characterized in that the lenticular lens operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the lenticular lens is made parallel in the array direction of the lenticular lens.

[0020] The invention according to claim 17 is a lighting optical device having a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a cylindrical lens array where cylindrical lenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; and a fly-eye lens for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the cylindrical lens array, with an outgoing beam of which, the irradiation object is irradiated, characterized in that: the cylindrical lens array operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the cylindrical lens array is made parallel in the array direction of the cylindrical lenticular lens.

[0021] The invention according to claim 18 is a lighting optical device having a laser array where multiple laser light-emitting portions are arranged in an array; a lenticular lens where microlenses are arranged in an array in the array arrangement direction of the laser array at about an equal array pitch to the laser light-emitting portions; and a fly-eye lens for uniformizing the intensity distribution of a beam flux emitted from the lenticular lens, of which outgoing beam is

controlled in optical path to irradiate the irradiation object, characterized in that the lenticular lens operates on a diffusive beam emitted from each laser light-emitting portion and is constructed in such a manner that the outgoing beam emitted from the lenticular lens is made parallel in the array direction of the lenticular lens.

5 [0022] The invention according to claim 19 is characterized in that, in the invention according to any one of claims 13, 15 and 17, at least two cylindrical lens arrays are provided.

[0023] The invention according to claim 20 is characterized in that, in the invention according to any one of claims 14, 16 and 18, at least two lenticular lens arrays are provided.

10 [0024] The invention according to claim 21 is characterized by having the invention according to any one of claims 9 to 20; a light bulb lighted by the uniform lighting device; and a projection lens for projecting the light emitted from the light bulb.

[0025] The invention according to claim 22 is characterized by having the uniform lighting device according to any one of claims 9 to 20 that uses a laser array as the light-emitting means; a reticle; and a projection lens.

15 [0026] The invention according to claim 23 is characterized by having the uniform lighting device according to any one of claims 9 to 20 that uses a laser array as the light-emitting means; and a condenser lens.

[0027]

[Embodiment Modes of the Invention] First, description is made below with reference to the
20 drawings on an essential constitution of the invention. Note that constitutions of embodiments are individually described later in details with reference to the drawings again. A lighting device of the invention has a light-emitting means 11 having multiple light-emitting portions 11a, 11b and 11c, a beam-parallelizing means 12 for making a diffusive beam emitted from each of the light-emitting portions 11a, 11b and 11c be parallel in at least one same direction of a surface
25 that crosses the optical axis of the diffusive beam at right angles, and a condenser means 13 ((31, 32, 33), (41), (51)) for condensing multiple beam fluxes that are emitted from the beam-parallelizing means 12 into a predetermined range of condensing. In the aforementioned lighting device, the beam-parallelizing means 12 may be constructed of a lens 12a that is fixed onto each light-emitting portion 11a of the light-emitting means as shown in FIG. 13.
30 Alternatively, the aforementioned light-emitting means 11 can be constructed of the laser

light-emitting portions 11a, 11b, and 11c that emit laser beams.

[0028] In addition, the aforementioned light-emitting means is constructed in such a manner that the multiple light-emitting portions 11a, 11b and 11c are arranged in an array in one direction, while the beam-parallelizing means 12 is constructed in such a manner that outgoing beams from the multiple light-emitting portions are made parallel in a direction corresponding to the array arrangement direction. A cylindrical lens array is used as the aforementioned beam-parallelizing means 12, and each cylindrical lens that constitutes the cylindrical lens array is set to have an equal array pitch to the light-emitting portions. The number of such cylindrical lens array may be at least two.

[0029] In addition, a lenticular lens is used as the aforementioned beam-parallelizing means 11, and each microlens that constitutes the lenticular lens is set to have about an equal pitch to the light-emitting portions. The number of such lenticular lens may be at least two.

[0030] The uniform lighting device of the invention has the aforementioned lighting device, and an intensity distribution uniformizing means 14 ((42, 43), (52, 53)) for receiving an irradiated beam emitted from the lighting device and uniformizing the beam intensity distribution on a surface that crosses the optical axis of the received beam at right angles. The beam emitted from the intensity distribution means 14 is controlled to irradiate the irradiation object.

[0031] (Embodiment 1) FIG.1 and FIG. 2 are views for illustrating the first embodiment of the invention. FIG. 1 shows a top schematic structure of a lighting optical system and FIG. 2 shows a lateral schematic structure thereof along with optical paths. In FIG. 1 and FIG. 2, reference numeral 11 is a laser array, 12 is a cylindrical lens array, 13 is a condenser lens, 14 is a kaleidoscope, 15 is a relay lens, and 16 is an irradiation portion. In the laser array 11, the laser light-emitting portions 11a, 11b, 11c... are linearly arranged at an equal pitch. Each laser light-emitting portion emits each outgoing beam B1 as a diffusive beam. Such outgoing beam B1 is made into parallel beam flux with the cylindrical lens array 12 in one direction thereof. In the example of FIG. 1, the cylindrical lens array 12 outputs an incident beam flux as a beam flux B2 that has been made parallel in a direction parallel with the paper surface. The parallel beam flux B2 in this case is not required to be parallel in the strict sense unless adjacent beam fluxes cross each other with a large angular difference in the next condenser lens 13. That is, there is no problem even if the outgoing beam fluxes B2 overlap each other with a small angular

difference.

[0032] The condenser lens 13 converges an outgoing beam flux B3 into an incident-side edge surface 14a of the kaleidoscope 14. The beam flux traveling inside the kaleidoscope 14 is multi-reflected in the kaleidoscope 14, and the in-plane intensity distribution of the beam flux is uniformized in an outgoing edge-surface 14b. The beam flux having such uniformized intensity distribution is emitted onto the irradiation portion 16 by the relay lens 15.

[0033] The cylindrical lens array 12 may be replaced by a so-called lenticular lens. The cylindrical lens array 12 may be a lens array having about an equal array pitch to the laser array 11 and have lens power with respect to the arrangement direction of the laser array. In the case of using a lenticular lens also, each microlens is constructed to have about an equal array pitch to the laser array 11 and operate similarly. By disposing the cylindrical lens array 12 (or lenticular lens) on the optical path right after the laser array 11, the allowable setting range thereof in the thickness direction of the paper surface can be widened in FIG. 1 as compared to the case where the cylindrical lens array 11 is replaced by the linearly arranged lens array (having two-dimensional power), for example. That is, only fine adjustment in the up-and-down direction in FIG. 1 is required.

[0034] Description is made with reference to a beam trace calculation result for demonstrating that the maximum incident angle with respect to the irradiation portion 16 can be decreased by using the cylindrical lens array (or lenticular lens) 12. FIG. 3 is a view for illustrating an effect of a lighting optical system using a lenticular lens. FIG. 3(A) shows a schematic structure of a lighting optical system, and FIG. 3(B) shows a magnified view of a portion B in FIG. 3(A).

[0035] In the structure shown in FIG. 3, the laser array including the light sources 11a and 11c are actually arranged as shown in FIG. 1; however, illustration of the whole laser array 11 is omitted in order to illustrate a characteristic optical path. That is, the light source 11a shown in the drawing is positioned at an end portion of the laser array, a light source 11n is positioned at the center of the laser array 11, and other light sources that constitute the laser array are not illustrated. The cylindrical lens array (or lenticular lens) 12 is disposed right after the laser light source 11a. In FIG. 3(B), reference numeral 12a is one lens portion (cylindrical lens) that constitutes the cylindrical lens array 12, which is arranged in an array in a y direction similarly to the light sources 11a to 11n.

[0036] The array pitch of the light sources of the laser array 11 is equal to the array pitch of each lens of the cylindrical lens array 12 (or the array pitch of each microlens of the lenticular lens). In FIG. 3(B), only one microlens 12a that constitutes the lenticular portion (lenticular lens) corresponding to the light source 11a is shown. In the lenticular lens 12, a beam emitted from each laser array is made parallel in a direction parallel with the paper surface. In this lenticular lens 12, the outgoing light is not completely collimated due to the spherical aberration of the lens; however, such effect can be sufficiently obtained with a certain degree of parallel condensing. The beam B2 that has been made into a parallel beam flux passes through cylindrical lenses 21, 22 and 23 to reach the incident-side edge surface 14a of the kaleidoscope 14. In this case, a maximum incident angle with respect to the incident-side edge surface 14a is 12° .

[0037] The cylindrical lens 21 functions to deflect laser array beams toward the incident-side edge surface 14a of the kaleidoscope 14. The cylindrical lenses 22 and 23 function to converge diffusive beams in the thickness direction of the laser array (thickness direction of the paper surface) into the incident-side edge surface 14a.

[0038] (Comparative Example) FIG. 4 is a view for illustrating an operation in an optical system where the lenticular lens 12 is not provided in the structure of FIG. 3. FIG. 4 shows beams in the case where the cylindrical lens array 12 right after the light source 11a that is positioned at an end portion of the laser array is omitted in the optical system of FIG. 3. The diffusive beam B1 from the light source 11a passes through the cylindrical lenses 21, 22 and 23 and is emitted to the incident-side edge surface 14a of the kaleidoscope 14 at a maximum incident angle of 16° . An outgoing beam from the outgoing-side edge surface (not shown) of the kaleidoscope 14 is maintained at the incident angle; therefore, the beam is emitted at a maximum angle of 16° . Further, when comparing FIG. 4 and FIG. 3, the bore diameter of the kaleidoscope 14 can be made smaller in the case of using the cylindrical lens array 12. When comparing kaleidoscopes having the same number of reflections, the overall length becomes shorter as the bore diameter is smaller. Thus, the lighting optical system can be downsized by using the cylindrical lens array (or lenticular lens).

[0039] (Embodiment 2) FIG. 5 and FIG. 6 are views for illustrating the second embodiment of the invention. FIG. 5 shows a top schematic structure of a lighting optical system and FIG. 6

shows a lateral schematic structure thereof along with optical paths. The lighting optical system is composed of the lens array 11, the cylindrical lens array 12, the kaleidoscope 14, the relay lens 15, and cylindrical lenses 31, 32 and 33. Reference numeral 16 is an irradiation portion. Note that the cylindrical lens array 12 may be replaced by a lenticular lens as in
5 Embodiment 1. At this time, the array direction of microlenses of the lenticular lens and the array pitch thereof are set similarly to the array structure of the cylindrical lens so that both of them function similarly. In this embodiment, description is made on an embodiment using the cylindrical lens array 12.

[0040] In the cylindrical lens array 12, a cylindrical surface is formed at an equal pitch to the
10 array pitch of the laser array 11, and has lens power in the array direction of the laser array 11 as shown in FIG. 5. The cylindrical lens array 12 makes each laser array beam B1 that has been diffused and emitted into a parallel beam flux only in each array direction. The parallel beam flux B2 obtained in such a case is not required to be parallel in the strict sense. That is, there is no problem even if the beam flux overlaps each other with a small angular difference unless the
15 adjacent beam fluxes cross each other with a large angular difference in the next cylindrical lens 31.

[0041] On the optical path between the cylindrical lens array 12 and the kaleidoscope 14, at least two cylindrical lenses are disposed. FIG. 5 and FIG. 6 each show an example of using three cylindrical lenses (the cylindrical lenses 31, 32 and 33). In this case, one cylindrical lens 32
20 having power in the array direction of the laser array 11 and two cylindrical lenses 31 and 33 having lens power in the vertical direction to the array direction of the laser array are disposed.

[0042] Description is made on the operation of such cylindrical lenses 31, 32 and 33. First, as shown in FIG. 5, in regard to a beam flux in the array direction of the laser array 11, the beam B2 that has been made into a parallel beam flux only in the array direction passes through the
25 cylindrical lens 31 directly, thereby entering the cylindrical lens 32 as a beam flux B21 since the cylindrical lenses 31 and 33 can be regarded as identical to parallel plane plates. Then, the incident beam flux B21 is deflected by the cylindrical lens 32 (beam flux 22) and then passes through the cylindrical lens 33 (beam flux B23) to reach the incident-side edge surface 14a of the kaleidoscope 14.

30 [0043] Then, as shown in FIG. 6, in regard to a beam in the vertical direction to the array

direction of the laser array 11, the beam flux B1 that has been diffused by each laser light-emitting portion is further diffused even after having passed through the cylindrical lens array 12 to become the beam flux B2 since the cylindrical lens array 12 can be regarded as a parallel plate. Then, the beam flux B2 is made parallel with the cylindrical lens 31 (beam flux B21), which passes through the cylindrical lens 32 (beam flux B22) and converged into the kaleidoscope 14 by the cylindrical lens 33 (beam flux B23). The beam fluxes B21 and B22 are not required to be parallel beam fluxes in the up-and-down direction in FIG. 6 (that is, the vertical direction to the array direction of the laser array). Thus, the effect of the invention is not affected even if the cylindrical lenses 31 and 33 are replaced by one cylindrical lens for convergence into the kaleidoscope with the one lens.

[0044] (Embodiment 3) FIG. 7 and FIG. 8 are views illustrating the third embodiment of the invention. FIG. 7 shows a top schematic structure of a lighting optical system, and FIG. 8 shows a lateral schematic structure thereof along with optical paths. The lighting optical system is composed of the laser array 11, the cylindrical lens array (or lenticular lens) 12, a cylindrical lens 41, homogenizers 42 and 43, and cylindrical lenses 44 and 45. FIG. 16 shows a top view showing a structure of a laser beam irradiating device disclosed in Japanese Patent Laid-Open No. H09-234579 (FIG. 16(A)) and a lateral view thereof (FIG. 16(B)), which is a device for irradiating an irradiation portion with a linear beam with increased uniformity. In this embodiment, homogenizers 40a and 40b that are used in this optical system are utilized so that a rectangular irradiation portion is uniformly irradiated with a laser array beam.

[0045] The operation of the cylindrical lens array 12 (or lenticular lens which can substitute for this) is as described above; therefore, description thereon is omitted. The cylindrical lens 41 makes a diffusive beam component in the vertical direction to the array direction of the laser array 11 into a parallel beam flux (beam flux B31). The homogenizer 42 uniformizes a beam flux in the array direction of the laser array 11. Although the homogenizer 42 in this embodiment has a five-division structure, a beam flux can be made more uniform with a larger number of divisions. Note that the effect of a homogenizer cannot be obtained in the case where the beam incident on each lens array of the homogenizer 42 in FIG. 7 has the same intensity distribution. For example, when the array pitches of the lenticular lens 12 and the homogenizer 42 have a relation of integral multiples, such a phenomenon is caused. Beams

from the homogenizer 42 (beam fluxes B32 and B33) are condensed into the irradiation portion 16 by the cylindrical lens 44 (beam flux B34).

[0046] Meanwhile, as for the beam flux in the vertical direction to the array direction of the laser array 11, the intensity distribution of the beam flux is made uniform by the homogenizer 43 as shown in FIG.8. That is, a diffusive beam component that is incident on the cylindrical lens 41 is made into a parallel beam flux (beam flux B31), and the beam flux is divided by the homogenizer 43. Each of the divided beam fluxes is condensed and focused, and then becomes a diffusive beam (beam flux B33) to be overlapped on the irradiation portion 16 by the cylindrical lens 45 (beam flux B34). The homogenizer 43 that controls a beam flux in the vertical direction to the array direction of the laser array 11 has a higher effect with a large number of divisions.

[0047] By disposing the cylindrical lens array (lenticular lens) 12 right after the laser array 11, each array beam in the array direction can be made into a parallel beam flux as well as the effect of a homogenizer can be obtained. In addition, since the cylindrical lens array (or lenticular lens) is used, there is such an advantage that the setting accuracy is not required in the vertical direction to the array direction of the laser array.

[0048] (Embodiment 4) FIG. 9 and FIG. 10 are views for illustrating the fourth embodiment of the invention. FIG. 9 shows a top schematic structure of a lighting optical system, and FIG. 10 shows a lateral schematic structure thereof along with optical paths. The lighting optical system is composed of the laser array 11, the cylindrical lens array (or lenticular lens) 12, a cylindrical lens 51, fly-eye lenses 52 and 53, and a condenser lens 54. Although two fly-eye lenses 52 and 53 are used in this embodiment shown in the drawings, the second fly-eye lens 53 is not necessary required, and can thus be omitted. In addition, the condenser lens 54 can be replaced by two cylindrical lenses of which lens power directions are made to cross each other at right angles. Note that in this embodiment also, the cylindrical lens array can be replaced by a lenticular lens having a similar function as in each of the aforementioned embodiments.

[0049] First, description is made with reference to FIG. 9 on the operation of a beam component in the array direction. The cylindrical lens array 12 has about an equal array pitch to the laser array 11. The operation thereof is as described above. A beam in the array direction of the laser array is made into a substantially parallel beam flux B2 with the cylindrical lens array 12,

and then passes through the cylindrical lens 51 (beam flux B 41). Each beam flux emitted from the array light source is condensed by the first fly-eye lens 52 (beam flux B42). The second fly-eye lens 53 is disposed in the focus position of the first fly-eye lens 52. The second fly-eye lens 53 is not required if the traveling direction of a beam that has passed through the cylindrical lens array 12 in the paper surface of FIG. 9 is parallel with the axis of the first fly-eye lens 52. In addition, in the case where the beam flux B1 emitted from the laser array 11 cannot be regarded as a beam flux emitted from a point light source, in the case where the lens array 12 causes an aberration, or in the case where the pitches of the cylindrical lens 12 and the laser array 11 are misaligned, the beam flux B41 is slightly inclined relative to the first fly-eye lens 52. In such a case, beams condensed from each lens portion that constitutes the first fly-eye lens 52 are not gathered into one point; therefore, the second fly-eye lens 53 is required. The beam flux emitted from the second fly-eye lens 53 is overlapped with the irradiation portion 16 by the condenser lens 54 (beam flux B 43).

[0050] Next, description is made with reference to FIG. 10 on the operation regarding a beam flux component in the vertical direction to the array direction of the laser array. The outgoing beam flux B1 emitted from the laser array 11 passes through the cylindrical lens array 12 to become the beam flux B2, and then made into the parallel beam flux B41 with the cylindrical lens 51. As described above, the second fly-eye lens 53 is disposed in the focus distance position of the first fly-eye lens 52, and the beam flux emitted from each lens portion of the first fly-eye lens 52 (beam flux B42) passes through each lens portion of the second fly-eye lens 53, thereby the beam flux is overlapped with the irradiation portion 16 by the condenser lens 54 so that the irradiation portion 16 is uniformly irradiated (beam flux B43).

[0051] In the case where the thickness of the light-emitting portion of the laser array 11 (thickness in the array direction and the vertical direction) is large, the beam flux B41 is not necessarily parallel with the optical axis of the first fly-eye lens 52, and beams condensed from each array is not gathered into one point. Therefore, the second fly-eye lens 53 is used. If the aforementioned thickness of the light-emitting portion of the laser array can be regarded as sufficiently small, the beam flux emitted from each lens portion of the first fly-eye lens 52 (beam flux B42) is condensed into about one point; therefore, the second fly-eye lens 53 is not required. By using the cylindrical lens array 12, such an advantage can be provided that the allowable

setting range in the aforementioned thickness direction of the laser array 11 can be widened.

[0052] (Embodiment 5) FIG. 11 is a view showing a schematic structure of one embodiment of a projection device in accordance with the invention along with optical paths. The projection device is provided with the lighting optical system in accordance with any one of the
5 aforementioned Embodiment 1 to Embodiment 4, a light bulb, and a projection lens. The projection device with the structure example shown in FIG. 11 is composed of lighting optical systems 61r, 61g and 61b, and a color composing element 62, a light bulb 65, and a projection lens 64. Although the optical system in Embodiment 3 is used as the lighting optical systems 61r, 61g and 61b in the structure shown in FIG. 11, any of the optical systems in Embodiment 1
10 to Embodiment 4 can be used as the lighting optical systems as described above.

[0053] As the color composing element 62, for example, a dichroic prism can be used. In the case where the lighting optical systems 61r, 61g and 61b are laser array light sources of a red color, green color and blue color in this order, the color composing element (dichroic prism) 62 is constructed in such a manner that a dichroic film 62r reflects a red color, a dichroic film 62b
15 reflects a blue color, and both the dichroic films 62r and 62b transmit a green color. As the light bulb 65, for example, a liquid crystal element can be used. In the structure of FIG. 11, a field lens 63 is used right before the light bulb, which functions to transmit the light having passed through the light bulb 65 through an eye of the projection lens 64.

[0054] With the aforementioned structure, a maximum incident angle of a beam for lighting the
20 light bulb 65 is decreased as compared to the conventional one; therefore, in the case of a light bulb of which contrast ratio changes in accordance with the incident angle such as a liquid crystal element, in particular, the contrast ratio can be increased while the color unevenness and luminance unevenness can be reduced.

[0055] Although FIG. 11 shows a structure example of using a single-plate light bulb, a total of
25 three light bulbs 65r, 65g and 65b corresponding to the respective lighting optical systems 61r, 61g and 61b may be used as shown in FIG. 12. Disposed right before the respective light bulbs 65r, 65g and 65b are field lenses 63r, 63g and 63b. In the structure of FIG. 12, the optical path length between the projection lens 64 and the light bulbs 65r, 65g and 65b is long as compared to the structure of FIG. 11; therefore, the back focus length of the projection lens 64 is required to
30 be longer than the back focus of the projection lens 64 in FIG. 11. In the projection device with

the light bulbs of three plates also, the contrast ratio can be improved as well as the color unevenness and luminance unevenness can be reduced similarly to the case of a single plate.

[0056] FIG. 14 is a view for illustrating a structure of a light-exposure device in accordance with the invention. In the drawing, reference numeral 71 is a uniform lighting device corresponding to any one of claims 9 to 20, 72 is a reticle, 73 is a projection lens, and 74 is a substrate stage. In the light-exposure device of the invention, the reticle 72 is lighted by the uniform lighting optical device 71 described in any one of claims 9 to 20, and a pattern of the reticle 72 is light-exposed onto a wafer set on the substrate stage 74 by the projection lens 73.

[0057] FIG. 15 is a view for illustrating a structure of a laser processing device in accordance with the invention. In the drawing, reference numeral 75 is a lens and 76 is a work. In the laser processing device in accordance with the invention, light emitted by the uniform lighting optical device according to any one of claims 9 to 20 is condensed into the work 76 with the lens 75, and thus processed. A condensed spot shape on the work 76 has an equal aspect ratio to the irradiation portion of the optical system 71. By condensing light, energy can be focused onto a minute portion of the work, and thus the surface processing, cutting or the like can be carried out. In addition, in the arrangement where the lens 75 is replaced by a projection lens or the irradiation portion corresponds directly to the work 76, a wide range can be irradiated uniformly; therefore, it can be used for laser annealing as well.

[0058]

[Effect] As is clear from the aforementioned description, in accordance with the lighting device of the invention, by realizing a compact optical system with multiple light sources and by condensing light by making a diffusive beam from the light sources into a parallel beam flux, a maximum incident angle with respect to the irradiation object can be suppressed small, thereby an optical system with favorable characteristics can be provided even when it is used for various applications.

[0059] In addition, in accordance with the uniform lighting device of the invention, by providing the aforementioned lighting device and a means for uniformizing the beam intensity distribution, a compact lighting device capable of uniform irradiation can be provided easily.

[0060] Further, by using the aforementioned lighting device capable of uniform irradiation, a projection device, a light-exposure device, a laser processing device or the like that is high

quality and compact can be provided. For example, in the projection device, the maximum incident angle with respect to the light bulb can be decreased; therefore, the characteristics regarding the contrast ratio, color unevenness and luminance unevenness can be improved.

[Brief Description of the Drawings]

- 5 [FIG. 1] a view for illustrating the first embodiment of the invention, which shows a top schematic structure of a lighting optical system.
- [FIG. 2] a view for illustrating the first embodiment of the invention, which shows a lateral schematic structure of a lighting optical system.
- [FIG. 3] a view for illustrating an effect of a lighting optical system using a lenticular lens.
- 10 [FIG. 4] a view for illustrating an operation in an optical system in the case of providing no lenticular lens in the structure of FIG. 3.
- [FIG. 5] a view for illustrating the second embodiment of the invention, which shows a top schematic structure of a lighting optical system.
- [FIG. 6] a view for illustrating the second embodiment of the invention, which shows a lateral
- 15 schematic structure of a lighting optical system.
- [FIG. 7] a view for illustrating the third embodiment of the invention, which shows a top schematic structure of a lighting optical system.
- [FIG. 8] a view for illustrating the third embodiment of the invention, which shows a lateral schematic structure of a lighting optical system.
- 20 [FIG. 9] a view for illustrating the fourth embodiment of the invention, which shows a top schematic structure of a lighting optical system.
- [FIG. 10] a view for illustrating the fourth embodiment of the invention, which shows a lateral schematic structure of a lighting optical system.
- [FIG. 11] a view showing a schematic structure of a one embodiment of a projection device in
- 25 accordance with the invention along with optical paths.
- [FIG. 12] a view showing a schematic structure of a light source and a beam-parallelizing means in another embodiment of the lighting device of the invention along with optical paths.
- [FIG. 13] a view showing a structure example of a light-emitting means and a beam-parallelizing means of the invention.
- 30 [FIG. 14] a view showing a homogenizer of prior art.

[FIG. 15] a view for illustrating a structure of a laser processing device in accordance with the invention.

[FIG. 16] a view showing a schematic structure of another embodiment of a projection device in accordance with the invention along with optical paths.

5 [Explanation of Reference]

11 ... laser array; 12 ... cylindrical lens array; 13 ... condenser lens; 14 ... kaleidoscope; 15 ... relay lens; 16 ... irradiation portion; 31, 32, 33, 41, 44, 45, 51 ... cylindrical lens; 40a, 40b ... homogenizer; 42, 43 ... homogenizer; 52, 53 ... fly-eye lens; 54 ... condenser lens; 61r, 61g, 61b ... lighting optical system; 62 ... color composing element; 62r, 62b ... dichroic film; 63, 63r, 63g, 63b ... field lens; 64 ... projection lens; 65, 65r, 65g, 65b ... light bulb; 71 ... uniform lighting device; 72 ... reticle, 73 ... projection lens; 74 ... substrate stage; 75 ... lens; and 76 ... work.

10